# 全国循環器撮影研究会
# 皮膚線量推定プログラム

# 取扱説明書

**全国循環器撮影研究会**
**平成９年度・１０年度課題研究**
# 『被検者被曝線量の実用的な測定方法』

| | |
|---|---|
| 山形大学医学部附属病院 | 江口陽一 |
| 弘前大学医学部附属病院 | 木村 均 |
| 秋田県成人病医療センター | 土佐鉄雄 |
| 岩手医科大学附属循環器医療センター | 瀬川光一 |
| ＮＴＴ東日本東北病院 | 大久敏弘 |
| 東北大学医学部附属病院 | 佐藤州彦 |
| 福島県立医科大学医学部附属病院 | 久保田浩之 |

## 1．はじめに

被検者の皮膚線量を測定する場合､精度の上からも面積線量計やリアルタイム積算皮膚線量計などを用いることが望ましいと考えますが､現状ではこれらの線量計を所有している施設は極めて少ないと思われます。そこで本班では、線量計を持たない施設でも、X 線条件から被検者の皮膚線量を推定できる NDD(Non Dosimeter Dosimetry)表面線量簡易換算法[1]を用いてプログラムを開発しました。

今回開発したプログラムの特長は、多方向から透視・撮影される血管撮影領域でも、グラフィック表示することで、照射部位と皮膚線量を推定できることです。

本プログラムは、透視・撮影条件と幾何学的条件等を、全て人の手で入力しなければならず、煩雑な面も多くあると思いますが､各施設での被検者の皮膚線量の現状把握と、防護の最適化に少しでもお役に立てれば幸いと考えております。

なお、本課題研究班の活動内容につては、全国循環器撮影研究会誌の No11[2]、No12[3]を参考にしてください。

## 2．計算の概要

### 2.1 血管撮影領域で NDD 法を用いて皮膚線量を推定するときの問題点

今回開発したプログラムは、基本的に NDD 法を用いて皮膚線量を推定していますが、血管撮影領域で NDD 法を用いて皮膚線量を推定する場合、次のような問題点[3]があります。

#### 2.1.1 NDD表面線量簡易換算法と皮膚吸収線量の差

NDD 法は、Shallow 型チェンバを Mix-Dp ファントムに埋め込んで線量を測定[1]していますが、Shallow 型チェンバは後方散乱に対する感度がほとんどないため、計算結果が後方散乱を十分に反映していないと考えられます。(図 2-1)。我々の測定結果でも、電離箱線量計の値から計算した皮膚線量と NND 法から算出した線量を比較した場合、NND 法が 10～20%程度低い値を示しました（図 2-2)。

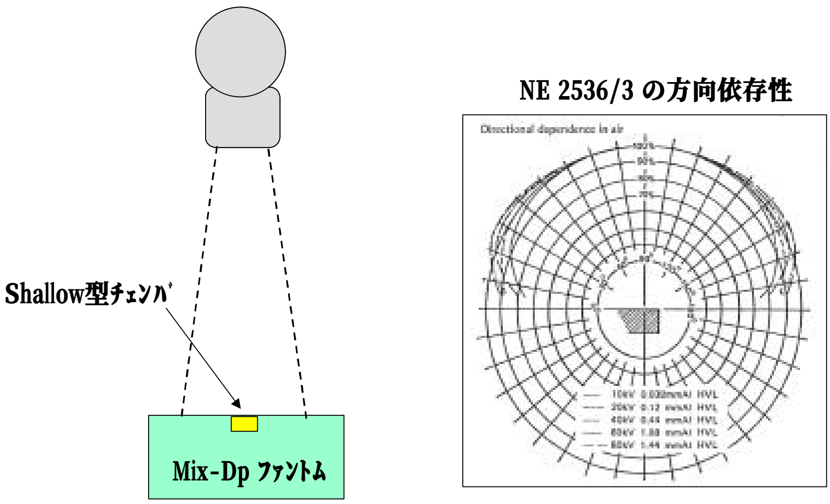



図 2-1　NDD 法でのジオメトリと Shallow 型チャンバの方向依存性

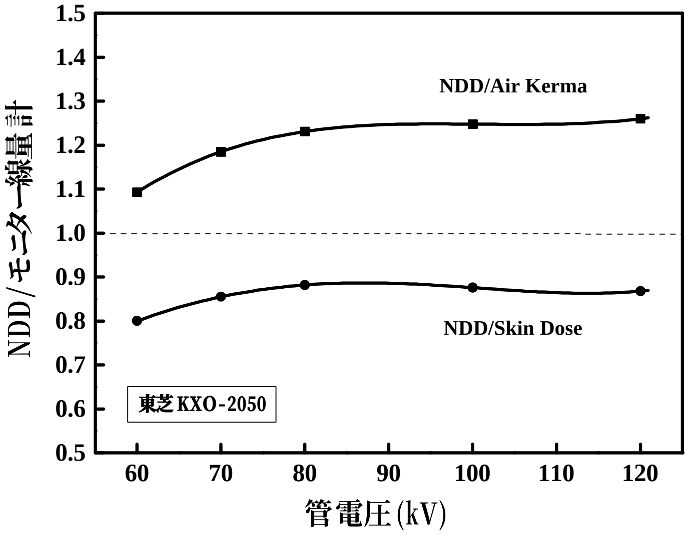



図 2-2　NDD 法から算出した値と電離箱線量計の照射線量から算出した Air Kerma と皮膚吸収線量の比

2.1.2 短時間タイマと照射線量

シネ撮影やパルス透視などで用いられる数 msec のパルス X 線では、管電圧波形の立上がり立下り時の影響が大きくなり、10msec 以上のパルス X 線より相対的照射線量が多くなります（図 2-3)。

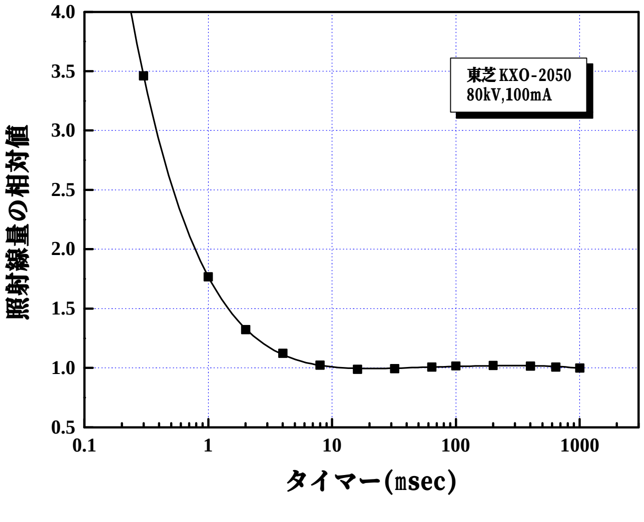



図 2-3　1000msec を 1 として正規化したときの照射線量の相対値

2.1.3 装置メーカにより照射線量が異なる

同一透視撮影条件でも装置の調整状態で照射線量が異なります。

2.1.4 カテーテル寝台（天板）の吸収

図2-4に、５装置のカテーテル寝台（天板）の吸収率を示します。吸収率が20%以上ある寝台もあります。また、管電圧（線質）によっても吸収率は異なります。血管撮影装置はアンダーチューブ方式のため、カテーテル寝台（天板）の吸収が高い場合、皮膚線量の推定値は過大評価となります。

| 装置 | 吸収率(%) |
|---|---|
| A(付加ﾌｨﾙﾀ0.1mmCu) | 10.9 |
| B | 14.3 |
| C | 14.8 |
| D | 23.2 |
| E(Angio-CT用寝台) | 27.9 |

管電圧：80kV

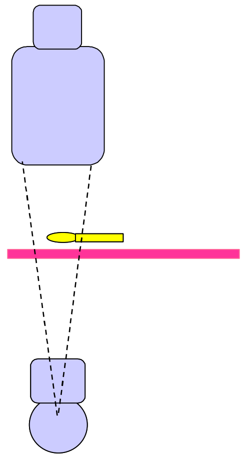


図2-4　５装置のカテーテル寝台（天板）の吸収率（管電圧80kV）

2.1.5 厚い付加フィルタを用いたときの計算

NDD法は、AlとCuの付加フィルタに計算が対応していますが、Alの総濾過で9.0㎜までしかテーブルを持っていないため、0.3㎜以上のCuでは計算ができません。最近の血管撮影装置では、軟線をカットするために0.3㎜以上のCuが自動的に挿入される装置もあり対策の必要性があります。

2.1.6 多方向から透視撮影が行われた場合の計算

心臓カテーテル検査では、多方向から透視・撮影が行われるため、透視・撮影条件と幾何学的配置の把握が難しく、しかも、X線が皮膚面の広範囲に入射します。そのため、X線の入射位置と線量計算を難しくしています。

2.2 X 線装置の補正係数

本プログラムでは、上記の 2.1.1～2.1.4 の問題に対応し、計算精度を向上させるために、X 線装置ごとの補正を行なえるようにしてあります。

図 2-5 に示すような位置に線量計のチェンバを配置し、臨床でよく用いられる条件（管電圧、タイマ、付加フィルタ）になるように I.I.前面に吸収体を置きます。そのときの照射線量、透視・撮影条件、焦点-チェンバ間距離をプログラムに入力します。入力された照射線量から皮膚の吸収線量を求めるためには、X 線の実効エネルギーと照射野サイズから後方散乱係数と吸収線量換算係数を求めて、照射線量に掛ける必要があります [4~5)]。後方散乱係数と吸収線量換算係数は臨床で使用される範囲では大きく異なることはないので、今回のプログラムでは、実行エネルギーを 35keV とし、照射野サイズは直径 15㎝ の円形照射野として計算しています。その皮膚線量と NDD 法から算出した値とを比較して、X 線装置の補正係数を自動的に求めるようにしています。

なお、2.1.5の厚い付加フィルタへの計算の対応は、NDD法のデータを外挿してテーブルを拡張することで対応しています。

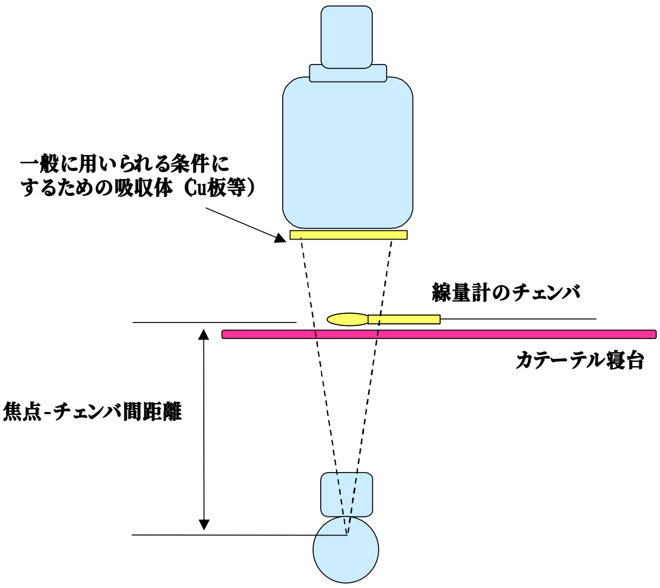



図 2-5　X 線装置の補正係数を求めるための配置図

## 2.3 焦点皮膚間距離と X 線入射位置の計算

本プログラムでは、焦点皮膚間距離と X 線入射位置を次のような方法で求めています。

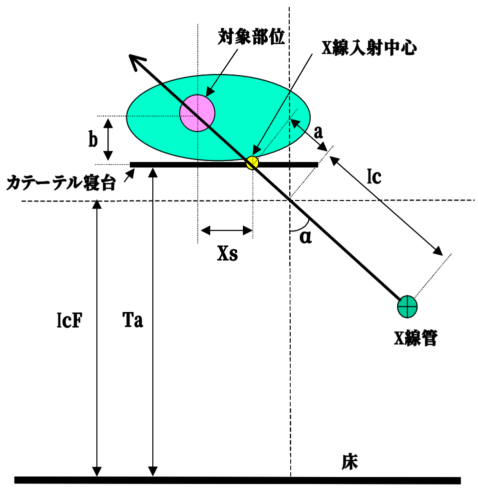



図 2-6　焦点皮膚間距離と X 線入射位置の計算方法

図 2-6 は、対象（検査）部位が心臓で、LAO 方向にα度の角度が付いている場合の計算例です。このとき、カテーテル寝台（天板）から対象部位までの距離(b)と、床からアイソセンタまでの距離(IcF)、床からカテーテル寝台（天板）までの距離(Ta)、焦点-アイソセンタ間距離(Ic)、それに入射角度(α)が分かれば、次式で焦点皮膚間距離と X 線入射位置を求めることができます。

焦点皮膚間距離　：　$SSD = Ic+a \ (Ta>IcF)$

$SSD = Ic-a \ (Ta<IcF)$

$SSD = Ic \ (Ta=IcF)$

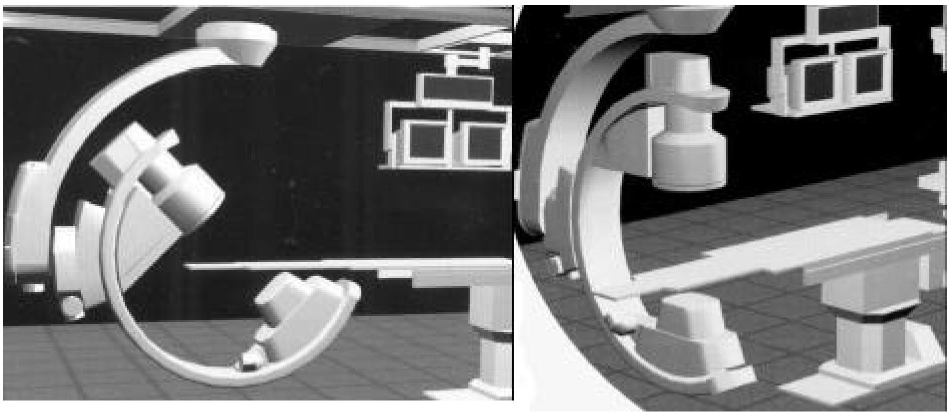
但し　$a=|Ta-IcF|/\cos\alpha$

X 線入射位置　：　$Xs=\tan\alpha \times b$

この例では、RAO-LAO 方向のみに角度が付いている状態ですが、CRA-CAU 方向に角度が付いている場合も、計算が少し複雑になりますが同様な方法で焦点皮膚間距離と X 線入射位置を求めています。

### 2.4 本プログラムでの制約

1) 本プログラムはアンダーチューブ方式の C アームを想定して開発しているため、皮膚線量を推定できるのは背中側だけです。頭部側面などの Lateral 方向は計算できません。
2) X 線束中心がかならず対象部位の中心を通ると仮定して計算しています。
3) 皮膚面は平面として計算しています。
4) 円形の X 線絞りは多角形のことが多いのですが、皮膚面での照射野形状は真円として表示しています。また、X 線が皮膚面に斜入した場合は楕円で表示しています。
5) 側面方向に近い角度では、照射野がグラフィック画面から外れます。
6) 皮膚面に対し X 線が斜入した場合、焦点皮膚間距離が位置により異なりますが、X 線束中心の焦点皮膚間距離で求めた皮膚線量を、その照射野の全てにその値をあてはめています。
7) 矩形照射野で X 線が皮膚面に斜入した場合は、角錐を斜めに切った切断面として計算していますが、矩形照射野は、C アームが被検者に対し、どの方向からセットされたかにより、皮膚面での照射野形状が異なってきます。本プログラムでは、C アームが被検者に対し、頭の真上からセットされた場合と、体の真横からセットされた場合にのみ計算が対応しています（図 2-7）。また、回転軸が天井にある C アーム形の支持器では、計算からの照射野と実際の照射野が一致しないことがあります。



真上からセット　　　　真横からセット

図 2-7　C アームを被検者の真上からと真横からセットされたときにのみ、推定の照射野と実際の照射野が一致する。

2.5 照射部位の推定例

図 2-8，2-9 は、本プログラムで照射部位をグラフィックス表示した画面と、皮膚面位置に X 線フィルムを置いて撮影したフィルムとの比較です。

幾何学条件が正確に入力されれば、本プログラムで推定した皮膚面での照射野とフィルム（実際）での照射野は一致します。しかし、実際の検査では、X 線束中心がかならず対象部位の中心部を通るとは限りませんし、全ての透視・撮影の幾何学条件を正確に入力することも困難と考えられます。本プログラムから推定される照射部位は、入力の精度に影響されることにご注意ください。

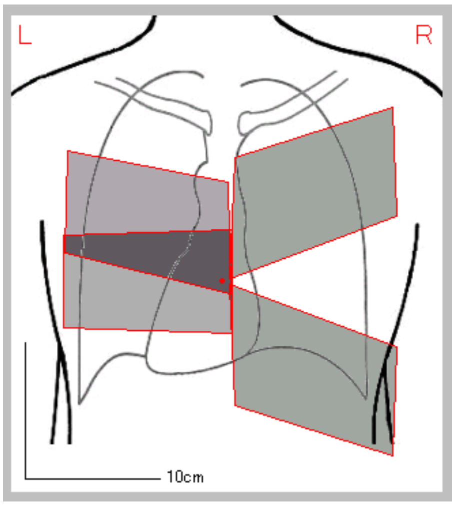



図 2-8(a)

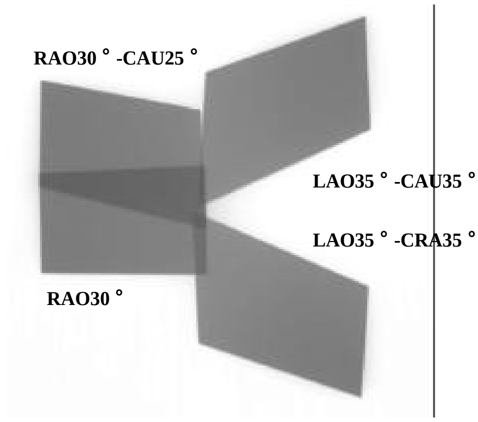



図 2-8(b)

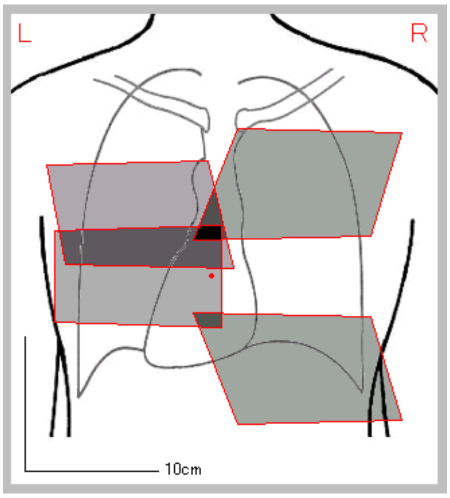



図 2-9(a)

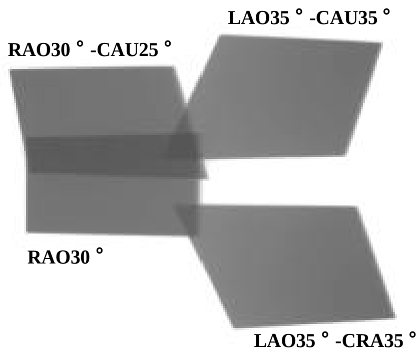


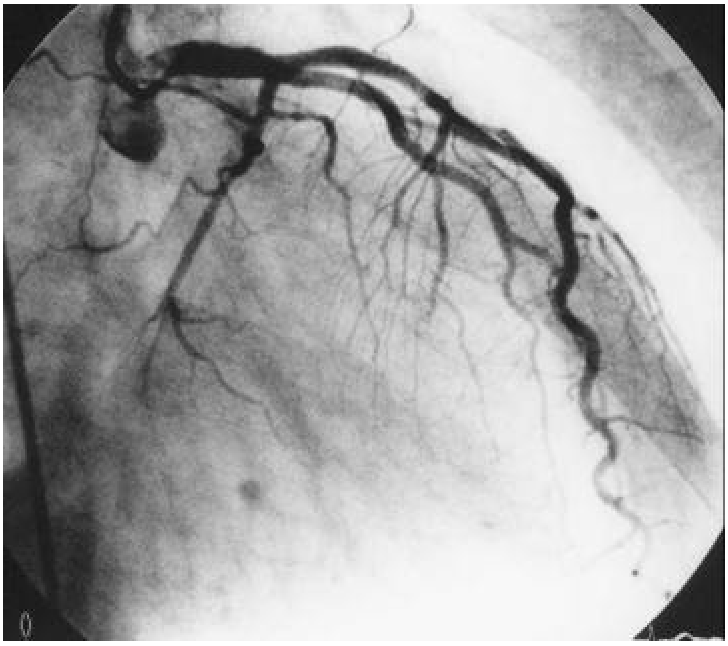

図 2-9(b)

図 2-8，2-9　(a)は、本プログラムでの照射部位の推定値。(b)は、皮膚面位置に X 線フィルムを置いて撮影したフィルム。幾何学条件：カテーテル寝台（天板）から対象部位までの距離(b=100㎜)と、床からアイソセンタまでの距離(IcF=1030㎜)、床からカテーテル寝台（天板）までの距離(Ta=930㎜)、焦点-アイソセンタ間距離(Ic=860㎜)、焦点-I.I.間距離(SID=1000㎜)、I.I.入力面で

の照射野(150×100mm)、撮影角度(RAO30°,RAO30°-CAU25°,LAO35°-CRU35°, LAO35°-CAU35°)。
図2-8は、Cアームを被検者の真上からセットした場合。図2-9は、真横からセットした場合。

## ３．動作環境

OS ： Windows95、 Windows98、WindowsNT4.0
モニター ： 800×600 以上



## ４．アプリケーションのインストール

### 4.1 方法１

１）CD を CD-ROM ドライブにセットします。

２）[スタート]ボタンをクリックし、[ファイル名を指定して実行]をクリックします。

３）[参照]をクリックします。

４）示される一覧から CD-ROM ドライブをクリックします。

５）[Setup.exe]をダブルクリックします。

６）インストールプログラムが起動します。
画面にしたがってインストールしてください。通常は、特に変更する必要はありません。

### 4.2 方法２

１）CD を CD-ROM ドライブにセットします。

２）エクスプローラを起動させ、CD-ROM 内にあるフォルダの一覧を表示します。

３）[Setup.exe]をダブルクリックします。

４）インストールプログラムが起動します。
画面にしたがってインストールしてください。通常は、特に変更する必要はありません。

### 4.3 注意

１）本アプリケーションをインストールできるのは、Windows95 以上の DOS/V マシンです。

２）本アプリケーションをインストールすると、アプリケーションプログラムと同時にボーランドデータベースエンジンがインストールされます。

３）本アプリケーション(SkinDose.exe)はデータベースファイルやシェーマ画像と共に、“C:\Program Files\全国循環器撮影研究会\皮膚線量推定”のフォルダに収納されます。アプリケーション(SkinDose.exe)だけを他のフォルダに移すと、アプリケーションの起動時に“エラー”が起きます。“皮膚線量推定”フォルダごと移動またはコピーしてください。

## 5．アプリケーションの取扱説明

### 5.1 アプリケーションの起動

エクスプローラで、“C:\Program Files\全国循環器撮影研究会\皮膚線量推定”を開き、[SkinDose.exe]をダブルクリックします。

### 5.2 [被検者情報入力]ページ

アプリケーションが起動すると、図 5-1 のように、[被検者情報入力]ページが表示されます。このページでは被検者の情報入力を行います。

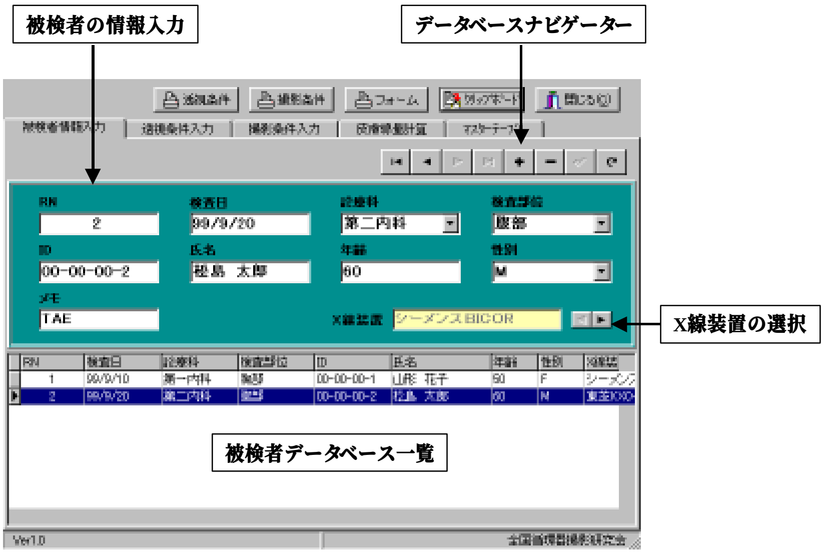



図 5-1　[被検者情報入力]ページ

新しい被検者の情報を入力するときは、最初にデータベースナビゲーター（図 5-2）の“レコードの挿入[＋]”をクリックします。これで編集が可能になります。

被検者の情報入力後“レコードの登録[✓]”クリックし、被検者データベースに登録します。

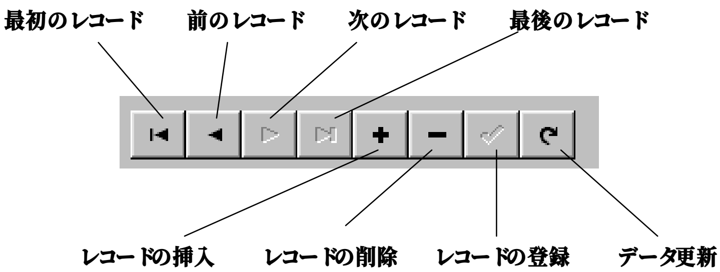



図 5-2　データベースナビゲーター

## 5.3 [透視条件入力]ページ

このページでは、透視条件・付加フィルタ・透視の角度情報などを入力します。




図 5-3 [透視条件入力]ページ

諸条件の入力と補正係数の選択後、[Cal]をクリックしまう。NDD の計算が行われ、皮膚線量の計算結果と透視条件がデータベースに登録されます。透視方向や透視条件が変化した場合、上記の入力を繰り返します。

- Al の付加フィルタ（[mmAl]）には、装置の総濾過と付加フィルタ(Al)の合計を入力してください。Al,Cu 以外の付加フィルタを使用された場合は、補正係数を求めることで対応してください。補正係数の求め方は、マスターテーブルのページで説明します。
- SSD（焦点-皮膚間距離）の計算モードは、通常は“Aut（自動）”にしておいてください。
- パルス透視でピーク管電流表示の装置では、計算から平均 mA を求めてください。

  例： 50mA × 0.003sec × 30ﾊﾟﾙｽ/sec = 4.5mA（平均管電流）
- 照射野は I.I.入力面での値を mm 単位で入力してください。

## 5.4 [撮影条件入力]ページ

このページでは、撮影条件・付加フィルタ・撮影の角度情報などを入力します。

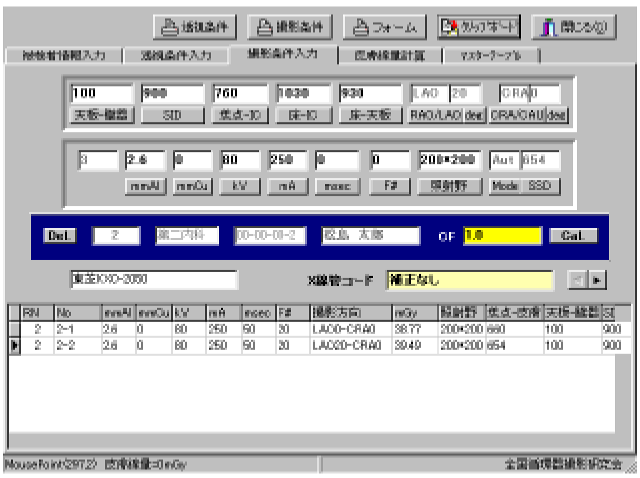


図 5-4 [撮影条件入力]ページ

入力方法は、透視条件入力ページと同じです。mAs 値表示の装置では計算から mA を求めてください。

## 5.5 [皮膚線量計算]ページ

このページでは、入力された透視・撮影条件から皮膚線量を推定しグラフィック表示します。

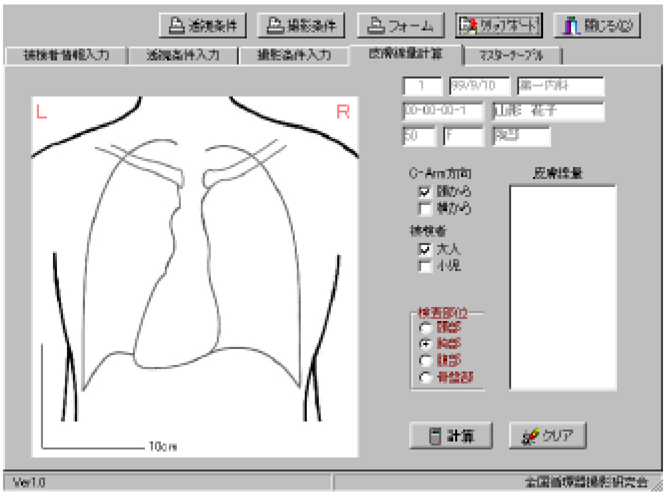



図 5-5　[皮膚線量計算]ページ

このページのタブをクリックすると、図 5-5 のような画面が表示されます。C-Arm のセット方向、被検者（大人か小児、小児は 3～5 才を想定）、検査部位を確認後、マウスで検査の中心部位をクリックします。クリックした位置に赤いマーク表示されます。

[計算]のボタンをクリックすると計算結果が、図 5-6 のようにグラフィック表示されます。

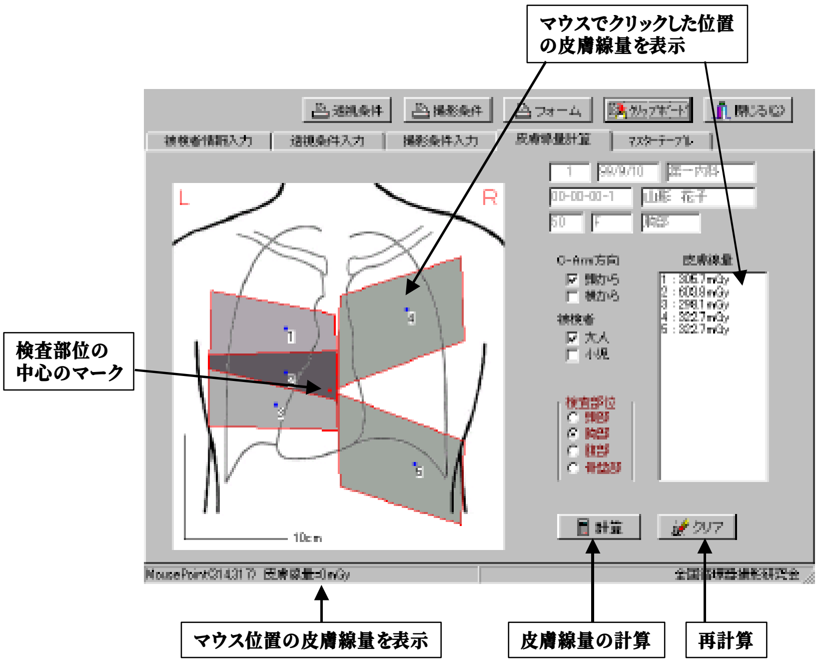



図 5-6　[皮膚線量計算]ページの計算結果

皮膚線量を知りたい位置をマウスでクリックすると、青いマーク表示され、その位置の皮膚線量が皮膚線量表示ボックスに表示されます。

計算結果をプリンタに出力したい場合は、[フォーム]をクリックしてください。今見ている画面のフォームが印刷されます。ただし、プリンタによっては印刷されない場合があります

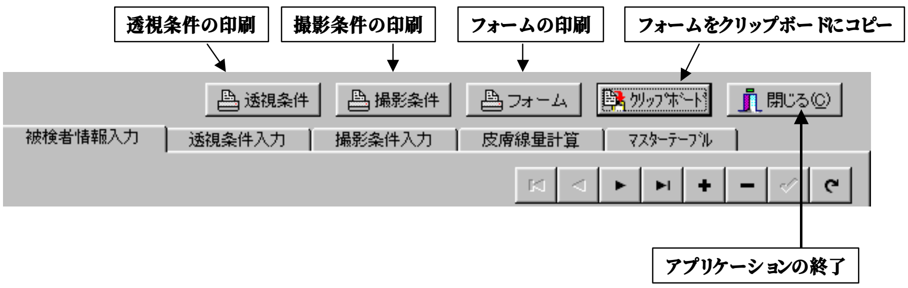



図 5-7　印刷を行う各種ボタン

(原因不明)。その場合は、[クリップボード]のボタンをクリックして、Windows のクリップボードにコピーしてから、他のソフト（PowerPoint、Word、Photoshop、アクセサリのペイント等）に貼り付けてから印刷してください。

このページの計算結果はデータベースに入力されません。ただし、透視・撮影条件はデータベースに登録されていますので、いつでも計算は可能です。

透視条件と撮影条件を印刷したい場合は、それぞれのボタンをクリックしてください。

## 5.6　[マスターテーブル]ページ

マスターテーブルのページには、次のような３項目のページがあります。

1)幾何学条件入力

ここで入力した値は、[透視条件入力]と[撮影条件入力]ページのデフォルト値になります。

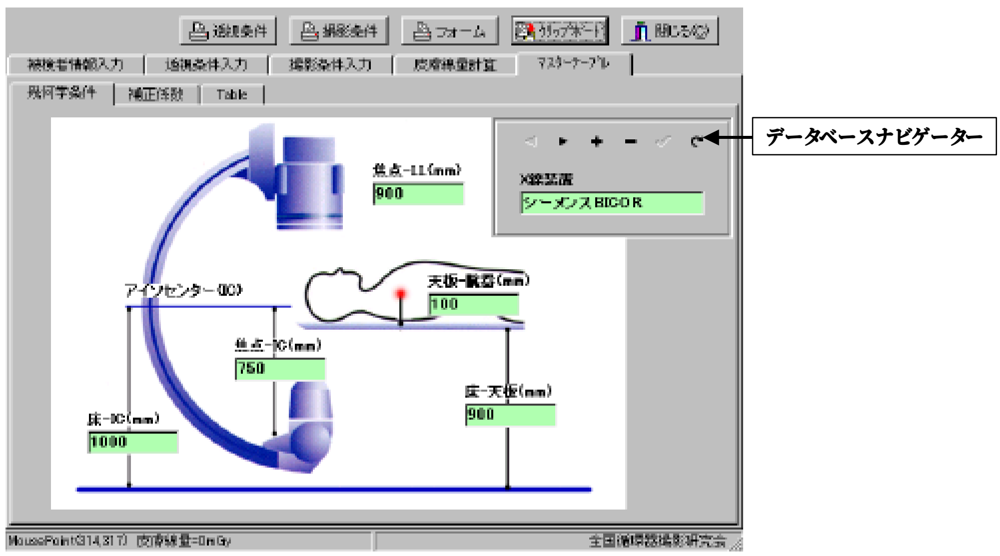



図 5-8　幾何学条件入力のページ

2)補正係数の計算

このページでは使用装置、X 線管ごとの補正係数を求めます。

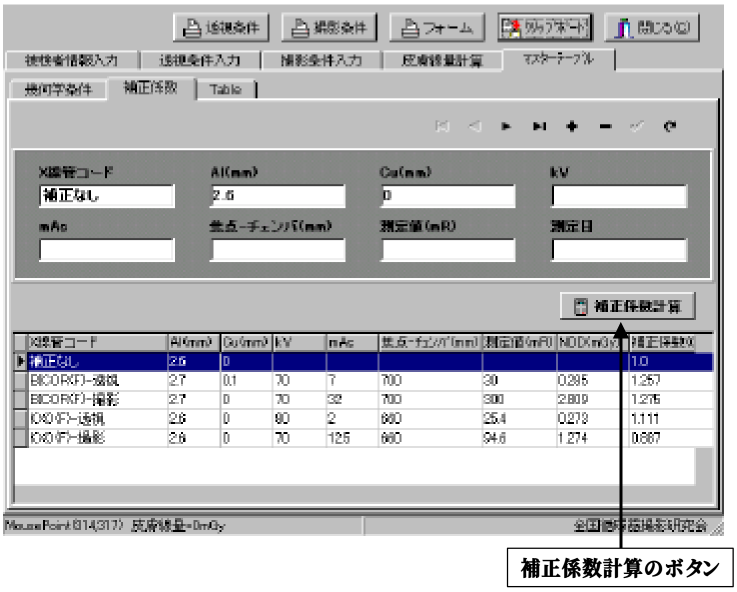



図 5-9　補正係数を求めるページ

図 2-5 の配置で測定した空中線量値(mR)と必要な条件を入力後、データベースに登録します。次に、[補正係数計算]のボタンをクリックすると補正係数が計算されます。

3)テーブル

このページには、幾何学条件と NDD のテーブルがあります。NDD のテーブルはインバータ装置のみです。

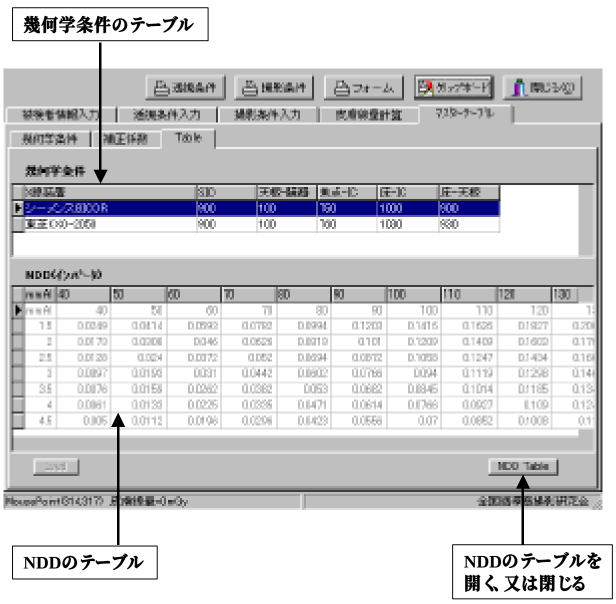



図 5-10　テーブルのページ

### 5.7 アプリケーションの終了

[閉じる]をクリックするとアプリケーションは終了します。

## 6．最後に

今回開発したプログラムは、透視・撮影条件と幾何学的条件等を、全て人の手で入力しなければならず、煩雑な面も多くあると思いますが、線量計がない施設でも、被検者の皮膚線量を推定することができます。何人かの被検者の皮膚線量を計算することで、その施設での被曝の現状を知ることができると思います。血管造影検査で被検者が受ける皮膚線量はかなり多いのが現状です。本プログラムが、各施設での被検者の皮膚線量の現状把握と、防護の最適化に少しでも貢献できれば幸いです。

最後になりましたが、本班任期中にご支援ご協力いただきました関係者各位とNDD法を開発された諸先生方に感謝申し上げます。

連絡先

本プログラムの不具合や感想等をご連絡いただければ幸いです。

江口 陽一
山形大学医学部附属病院 放射線部
〒990-9585　山形市飯田西 2-2-2
TEL: 023-635-5118　FAX: 023-628-5799
E-mail : yeguchi@med.id.yamagata-u.ac.jp

大久 敏弘
NTT 東日本東北病院　放射線科
〒984-8560　仙台市若林区大和町 2-29-1
TEL: 022-236-5791　FAX: 022-236-5794
E-mail : t_ohisa@pb.highway.ne.jp

参考文献

1) 森 剛彦、村田勉、村田正夫他：X 線診断領域における患者の皮膚入射線量簡易換算式-NDD 法-.(社)茨城県放射線技師会、(社)茨城県放射線技術学会茨城支部 被曝低減委員会、(1996).

2) 江口陽一、木村 均、土佐鉄雄他：被検者被曝線量の実用的な測定方法. 全国循環器撮影研究会誌, 11, 34-39, (1998).

3) 江口陽一、木村 均、土佐鉄雄他：被検者被曝線量の実用的な測定方法. 全国循環器撮影研究会誌, 12 （投稿中）

4) 鈴木 昇一：診療用X線検査時の患者被曝線量を知る方法、 診療現場の問題点-線量測定の位置と単位について-.日放技学誌、53(12),1859-1861,(1997).

5) 西谷 源展 ： ディジタルX線画像の画質と被曝-X線計測における問題点-.日放技学誌、52(11),1579-1582,(1996).